

Research on Robotic System in General Surgery 外科手術解析プロジェクト（内臓器官系）

プロジェクトリーダー 橋 爪 誠
九州大学 大学院医学研究院 教授



図 1（研究風景）

1. 研究の目的

現在我が国では、高度情報化社会、知識集約産業社会が進んでおり、医療の専門化、細分化はますます医師の仕事の負担を大きくしている。近年のコンピュータ技術の進歩は著しく、脳外科、整形外科分野においては、すでにコンピュータナビゲーションシステムの開発が進み、実際の手術に臨床応用され効果を上げている。しかし、内臓器官系の分野においては、弾性臓器であるがために、その開発が遅れているのが現状である。高度先端技術を応用したコンピュータ外科および、ロボット援用外科手術システムの開発は、より安全確実で、より高度の外科手術を行うために益々不可欠となってくるものと考えられる。

近年の内視鏡下外科手術の世界的な普及を背景に、患者にとってより低侵襲で、安全かつ精密な手術を可能とする手術周辺機器の開発に対する期待は、益々高まってきている。本プロジェクトでは、外科医のための超能力をもった目 (supervision) や手 (superhand) となる新しいロボット援用外科手術システムを開発し、臨床へ導入することで、従来の手術方式では到底不可能であった新しい手術術式を開発する。具体的には、(1) コンピュータナビゲーションシステムの開発、(2) ロボット技術の臨床応用と新しい術式の開発、(3) 各種術中計測機器高度化の開発、(4) 手術用シミュレーションシステムの開発を目指す。

以上の研究開発により、外科手術の一層の低侵襲化と手術適応の拡大、さらに、医療従事者や医療費の削減、効果的外科教育の推進がもたらされるものと期待される。



図 2 ヘッドマウンテッドディスプレイ

2. 研究の内容

(1) コンピュータナビゲーションシステムの開発

本プロジェクトでは、実際の内視鏡画像の上に、術前得られた検査データを3次元再構成して、リアルタイムに重ね合わせるオーグメンテッドリアリティの技術開発を実現する。まず、術前のCT、MRI、血管造影などから得られたデータを基に、内臓血管や腫瘍の3次元および4次元画像を作成する。術中の内臓血管や腫瘍のリアルタイムの画像は、デジタルカラードプラ3次元解析システムを用いて作成する。3次元および4次元での実画像の形状及び位置認識を、3次元位置計測システムを用いて可能にする。さらに術中の実画像を術前の3次元構成画像と統合して、実質臓器の内部を透視する装置を開発する。さらに、この装置を用いた動物実験や臨床試験を行い、実質臓器の癌（特に肝癌）の手術におけるコンピュータナビゲーションシステムの有用性や安全性を検討するほか、手術プランニングや教育効果などについても明らかにする。

(2) 腹腔鏡マニピュレータの開発

内視鏡下外科手術では、術者の意図に忠実に、かつ迅速、確実な視野の展開が必要となる。本プロジェクトでは、手術支援ロボットの導入前段階として、マンマシンインターフェースの開発を行う。これまでに開発してきたヘッドマウンテッドディスプレイと、従来型の手法やボイスコントロール型腹腔鏡マニピュレータ等とを動物実験にて比較検討し、その有用性や安全性を評価する。さらに、術者のコマンド入力インターフェースとして何が最も必要であるのかを明らかにし、臨床応用に適したシステムを開発する。

(3) 肝臓3次元モデルの作成と臓器変型補償技術の開発

術中の内臓器官内部の構造をリアルタイムに3次元表示できる技術の開発が現在世界中で研究されている。本プロジェクトでは、デジタル情報を直接出力できる超音波画像装置の超音波プローブに光学式3次元位置センサーを装着し、断層像と共に断層の位置情報を同時に計測することで、臓器の3次元再構築を可能とするシステムを確立する。さらに、この光学式3次元位置センサーを用いた術中内臓器官（肝臓）のリアルタイム3次元再構築や光造型装置を用いた術前画像と術中画像の弾性マッチングの開発をさらに行う。これにより、術中の臓器変形に伴う術前画像のゆがみに対する補償が可能となる。

(4) 手術用シミュレーションシステムの開発

本プロジェクトでは、医用画像取得技術とコンピュータグラフィックス技術を応用することにより、手術前に、実際の手術患者の術前情報を用いて、実際の手術の手順に擬したバーチャルリアリティを構成し、術前の手術計画や疑似手術、あるいは手術のトレーニングが可能となる手術シミュレーションシステムを開発する。特に、術後の臓器の重量の予測や、残存機能の予測を可能とするシステムや、バーチャルパソロジー、コンピュータ診断による悪性度の判定などを術中にリアルタイムに可能とするシステムを開発する。

(5) ロボット技術の臨床応用と新しい術式の開発

本プロジェクトでは、日本のオリジナルのロボット援用手術システムを開発することで、顕微鏡下に長時間の集中力や熟練した技術が必要であった直径数mmの微小血管の縫合などが容易に可能となる。このロボット援用手術システムを、動物実験や、消化管手術（食道手術など）や肝臓外科手術などの臨床試験をすることにより、さらに、このシステムの限界と可能性を明らかにし、従来手術不可能とされてきた手術を可能とする新しい術式の開発や、さらなる手術適応の拡大を計る。

3. 研究の体制等

期 間：1999年9月～2004年3月

構 成：プロジェクトリーダー 1名

コアメンバー 2名

研究協力者 14名ほか

実施場所：九州大学大学院医学研究院

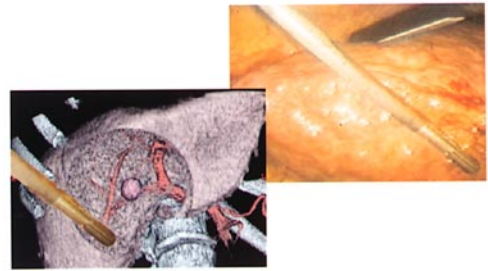


図3 肝内血管および腫瘍の3次元表示画像

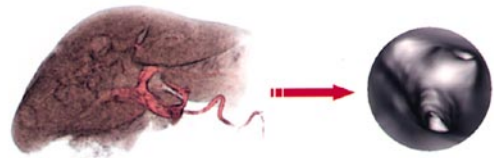


図4 仮想化血管内視鏡像（門脈）

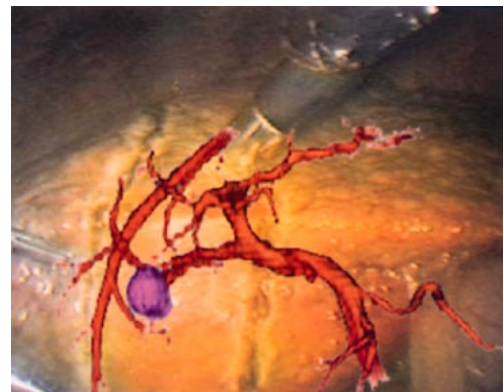


図5 術中オーグメンテッドリアリティ：実画像と術前画像との重ね合わせ像